

## 光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

田中清尚（准教授）（2014年4月1日着任）

出田 真一郎（助教）  
細谷 知輝（特別共同利用研究員）  
古田 貫志（特別共同利用研究員）  
松永 和也（特別共同利用研究員）  
山本 凌（特別共同利用研究員）  
稲垣 いつ子（事務支援員）  
石原 麻由美（事務支援員）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 高温超伝導体の電子状態の解明
- b) 新規スピン分解角度分解光電子分光装置の開発
- c) 角度分解光電子分光における低温技術の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) UVSOR BL7U, BL5Uにおいて、銅酸化物高温超伝導体 Bi2212 の角度分解光電子分光測定を行った。超伝導転移温度の上下でのスペクトルを比較することで、超伝導によるスペクトラルウェイト変化の運動量空間依存性とホール濃度依存を導出することに成功した。これまで長い間有効とされてきたフェルミアーク描像を否定する結果が得られており、高温超伝導が超伝導ギャップよりも超流動密度に強く影響を受けていることを示唆している。現在論文にまとめている。
- b) UVSOR BL5Uは高分解能角ビームラインとしてユーザー利用を開始している。同時に高効率スピン分解角度分解光電子分光測定の開発も進めている。2020年度はコロナ渦による UVSOR のビームタイムのキャンセルが多かったが、この時間を利用してスピン分解 ARPES の開発が大きく進み、Au(111) 表面バンドのラッシュバ分裂をスピン分解してイメージスペクトルを取得することに成功した。運動量空間分解能や検出効率なども既存システムを大きく上回ることも確認できた。ただし、測定時には頻繁にスピントーゲットの磁化操作をする必要があり、このままではユーザー利用を開始できない。そこで、2021年度にスピンの向きをあらゆる方向に変更できるスピンマニピュレータを導入し、問題の解決を図る予定である。
- c) 角度分解光電子分光実験の高エネルギー分解能測定には、試料をどれだけ冷却できるかが重要となる。BL5U, 7U用に開発した冷却可能な5軸6軸マニピュレータは、これまで放射光施設の光電子分光装置としては世界でもトップクラスの低温を実現している。最近、新たにソフトウェアによる熱伝導解析を導入した。新たな改良案に基づいて、現在さらなる低温化を目指して開発を進めている。

B-1) 学術論文

C. LIN, T. ADACHI, M. HORIO, T. OHGI, M. A. BAQIYA, T. KAWAMATA, H. SATO, T. SUMURA, K. KOSHIISHI, S. NAKATA, G. SHIBARA, K. HAGIWARA, M. SUZUKI, K. ONO, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA, S. IDETA, K. TANAKA, Y. KOIKE and A. FUJIMORI, “Extended Superconducting Dome Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy of Electron-Doped Cuprates Prepared by the Protect Annealing Method,” *Phys. Rev. Res.* **3**, 013180 (8 pages) (2021).

K. NAKAYAMA, R. TSUBONO, G. N. PHAN, F. NABESHIMA, N. SHIKAMA, T. ISHIKAWA, Y. SAKISHITA, S. IDETA, K. TANAKA, A. MAEDA, T. TAKAHASHI and T. SATO, “Orbital Mixing at the Onset of High-Temperature Superconductivity in  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x/\text{CaF}_2$ ,” *Phys. Rev. Res.* **3**, L012007 (6 pages) (2021).

R. TAKEUCHI, S. IZAWA, Y. HASEGAWA, R. TSURUTA, T. YAMAGUCHI, M. MEISSNER, S. IDETA, K. TANAKA, S. KERA, M. HIRAMOTO and Y. NAKAYAMA, “Experimental Observation of Anisotropic Valence Band Dispersion in Dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene (DNFT) Single Crystals,” *J. Phys. Chem. C* **125**, 2938–2943 (2021).

K. KURODA, Y. ARAI, N. REZAEI, S. KUNISADA, S. SAKURAGI, M. ALAEI, Y. KINOSHITA, C. BAREILLE, R. NOGUCHI, M. NAKAYAMA, S. AKEBI, M. SAKANO, K. KAWAGUCHI, M. ARITA, S. IDETA, K. TANAKA, H. KITAZAWA, K. OKAZAKI, M. TOKUNAGA, Y. HAGA, S. SHIN, H. S. SUZUKI, R. ARITA and T. KONDO, “Devil's Staircase Transition of the Electronic Structures in CeSb,” *Nat. Commun.* **11**, 2888 (9 pages) (2020).

D. PINEK, T. ITO, K. FURUTA, Y. KIM, M. IKEMOTO, S. IDETA, K. TANAKA, M. NAKATAKE, P. L. FEVRE, F. BERTRAN and T. OUISSE, “Near Fermi Level Electronic Structure of  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. B* **102**, 075111 (11 pages) (2020).

H. ANZAI, K. MORIKAWA, H. SHIONO, H. SATO, S. IDETA, K. TANAKA, T. ZHUANG, K. T. MATSUMOTO and K. HIRAOKA, “Temperature Dependence of the Kondo Resonance in the Photoemission Spectra of the Heavy-Fermion Compounds  $\text{YbXCu}_4$  ( $X = \text{Mg}, \text{Cd}, \text{and Sn}$ ),” *Phys. Rev. B* **101**, 235160 (7 pages) (2020).

F. MATSUI, S. MAKITA, H. MATSUDA, T. YANO, E. NAKAMURA, K. TANAKA, S. SUGA and S. KERA, “Photoelectron Momentum Microscope at BL6U of UVSOR-III Synchrotron,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, 067001 (9 pages) (2020).

J.-P. YANG, S.-X. REN, T. YAMAGUCHI, M. MEISSNER, L.-W. CHENG, L. ZHOU, S. IDETA, K. TANAKA and S. KERA, “Valence Band Dispersion Measured in the Surface Normal Direction of  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  Single Crystals,” *Appl. Phys. Express* **13**, 011009 (4 pages) (2020).

B-4) 招待講演

田中清尚, 「UVSOR における軌道分解測定とスピン分解光電子分光, 先端磁気分光と理論計算の融合研究: 『界面多極子相互作用』が拓く新しい学理」, 東京, 2020年6月.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

WIRMS2021 組織委員 (2020).

日本放射光学会プログラム副委員長 (2019).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2016-), (出田真一郎)

C) 研究活動の課題と展望

2020年度はコロナ渦によるUVSORのビームタイムのキャンセルが多かったが、この時間を利用してスピン分解ARPESの開発が大きく進み、目標としていたイメージでのスピン分解スペクトルの取得に成功した。また運動量空間分解能や検出効率なども既存システムを大きく上回ることも確認できた。ただし、測定時には頻繁にスピントラゲットの磁化操作をする必要があり、このままではユーザー利用を開始できない。そこで、2021年度にスピンの向きをあらゆる方向に変更できるスピンマニピュレータを導入し、問題の解決を図る予定である。できるだけ早いユーザー利用の開始を目指す。